7T

УДК 004.896

Р.В. Тарасенко
Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем им. академика А.В. Каляева Южного Федерального университета, г. Таганрог, Россия
Lloydik@mail.ru

Программный комплекс «Система поддержки принятия решений по контролю состояния установок электроцентробежных насосов на основе нейронной сети»

Разработан программный комплекс с целью автоматизации анализа работы электропогружного оборудования, прогнозирования и предупреждения о возможности неисправностей и аварий. Данное программное обеспечение введено и успешно используется нефтегазодобывающей компанией «ОАО Сургутнефтегаз».

Для контроля эффективности эксплуатации фонда установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) требуется постоянное отслеживание различных характеристик. Контроль осуществляется инженером-технологом, который ведёт наблюдение за параметрами датчиков и в случае изменения параметров в критическую сторону должен предупредить о возможном нештатном развитии ситуации при работе УЭЦН. Использование специалистов инженерно-технологической службы является трудоёмким, поскольку требуется постоянный контроль множества параметров УЭЦН.

Цели создания программного комплекса

Целью создания системы является автоматизация рабочих мест (АРМ – автоматизированное рабочее место) специалистов инженерно-технологической службы, цехов по добыче нефти и газа нефтегазодобывающего управления. Это позволит автоматизировать анализ работы установок электропогружного оборудования, автоматизировать прогнозирование и предупреждение о возможности неисправностей и аварий на основе входных данных, применения математических методов, нейросетевых алгоритмов.

Реализация

Пользователи программного комплекса делятся на 3 категории: эксперт-технолог (ЭТ), инженер по знаниям (ИЗ), лицо, принимающее решение (ЛПР). Инженер по знаниям – устоявшийся термин в теории интеллектуальных систем, характеризующий специалиста или его временные функции выбора способа представления знаний и данных для последующей реализации в СППР, отслеживания эффективности и правильности функционирования компонентов СППР.

Основные функции АРМ ЭТ:

1) определение общего списка параметров для нейросетевого анализа режимов работы УЭЦН;

2) определение общего списка неисправностей для нейросетевого распознавания;
3) определение уставок нормирования входных векторов для нейросетевой обработки;
4) конфигурирование общего списка параметров и неисправностей для нейросетевого анализа; подготовка выборок обучающих примеров для обучения нейронной сети;
5) выделение наиболее характерных обучающих примеров для обучения нейронной сети (кластеризация);
6) создание новых проектов (под проектом понимается набор конфигурационных файлов);
7) конфигурирование проектов.

Эксперт-технолог в соответствии со своими правами доступа может конфигурировать общий список параметров и неисправностей, определять установки нормирования параметров (минимальные и максимальные значения), подаваемых для нейросетевой обработки. В АРМ ЭТ при создании проекта определяется список параметров и список неисправностей для нейросетевой обработки (выбираются из общего списка параметров и неисправностей).

Основные функции АРМ ИЗ:
1) выбор режима работы ПК СППР «УЭЦН-НС»;
2) конфигурирование параметров нейронной сети;
3) конфигурирование параметров обучения нейронной сети;
4) обучение нейронной сети;
5) контроль качества обучения нейронной сети;
6) распознавание данных по запросу;
7) создание нейронной сети с пороговой функцией активации.

Инженер по знаниям может следить за графиком суммарной ошибки, количеством итераций, конфигурировать, не прерывая процесс обучения нейронной сети, параметры обучения.

Основные функции АРМ ЛПР:
1) вывод лицу, принимающему решения, результатов нейросетевого анализа (состояний УЭЦН и причин неисправностей);
2) предоставление возможности корректировки решения нейросети для ЛПР;
3) сохранение результатов нейросетевого анализа в файл MS Excel;
4) обработка данных по запросу.

ЛПР может посчитать решение нейронной сети ошибочным и в таком случае изменить предложенное решение, выбрав правильное решение по конкретной скважине из списка.

Рассмотрим алгоритмы работы программного комплекса.

Общий алгоритм работы программы.
1. Начало.
2. Авторизация.
3. Определение категории пользователя.
4. Категория определена, переход к п. 5, п. 17 или п. 29 в зависимости от категории (эксперт-технолог, инженер по знаниям, лицо, принимающее решение), иначе переход к п. 1.
5. (АРМ ЭТ). Создание нового проекта. Если «ДА», то переход к п. 6, иначе переход к п. 9.
6. Конфигурирование общего списка параметров и неисправностей. Если «ДА», то переход к п. 7, иначе переход к п. 9.
7. Операция конфигурирования общего списка параметров и неисправностей.
8. Операция создания нового проекта.
9. Загрузка проекта из списка проектов, хранящихся на сервере.

10. Редактирование правил блока входного контроля. Если «ДА», то переход к п. 11, иначе переход к п. 12.
11. Операция редактирования правил блока входного контроля.
12. Загрузка данных для обработки.
13. Обработка данных.
14. Кластеризация данных. Если «ДА», то переход к п. 15, иначе переход к п. 16.
15. Операция кластеризации данных.
16. Сохранение данных на сервер, переход к п. 33.
17. (АРМ ИЗ). Загрузка проекта из списка проектов, хранящихся на сервере.
18. Определение режима работы проекта.
19. Выбор типа нейронной сети.
20. Конфигурирование нейронной сети. Если «ДА», то переход к п. 21, иначе переход к п. 22.
21. Операция конфигурирования нейронной сети.
22. Загрузка конфигурации нейронной сети.
23. Загрузка выборки обучающих примеров с сервера.
24. Обучение нейронной сети.
25. Сохранение результатов. Если «ДА», то переход к п. 26, иначе переход к п. 27.
26. Операция сохранения результатов обучения нейронной сети.
27. Проверка качества обучения нейронной сети. Если «ДА», то переход к п. 28, иначе переход к п. 29.
28. Операция проверки качества обучения нейронной сети. Переход к п. 33.
29. (АРМ ЛПР). Просмотр решений нейронной сети.
30. Корректировка решений нейронной сети.
31. Сохранение результатов в файл. Если «ДА», то переход к п. 32, иначе переход к п. 33.
32. Операция сохранения результатов.
33. Конец.

Алгоритм редактирования правил блока входного контроля.

1. Начало.
2. Составление условия (выбор типа элемента, значение элемента, добавление элемента).
3. Выбор параметра для замены.
4. Составить значение заменяемого поля аналогично п. 2.
5. Добавление правила. Если «ДА», то переход к п. 6, иначе переход к п. 7.
6. Операция добавления правила.
7. Конфигурирование правила. Если «ДА», то переход к п. 8, иначе переход к п. 9.
8. Операция конфигурирования правила.
9. Конец.

Алгоритм операции кластеризации

Кластеризация состоит в итеративном пересчете набора центров W. Для кластеризации используется обучающее множество {X1,...,XN}, где N > K (желательно N >> K). На первом шаге в качестве центров берутся любые K различных точек пространства, например, случайные или первые K точек обучающего множества. На каждом последующем шаге для каждой клетки Zj вычисляется центр тяжести (среднее арифметическое) Wj точек обучающего множества, попавших в клетку Zj. После чего набор из K вычисленных центров тяжести берется в качестве новых центров.

На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма кластеризации k-means.



Рисунок 1 – Алгоритм кластеризации k-means

Входными данными для нейросетевой обработки реконфигурируемым нейросетевым модулем ПК СППР «УЭЦН-НС» являются показания датчиков, замеры, режимные параметры работы скважин, закодированные типы неисправностей, а также параметры нейронной сети: количество скрытых слоёв, количество нейронов в каждом скрытом слое, функция активации. Задание пороговой функции активации позволяет автоматически определять оптимальную конфигурацию нейронной сети с соответствующими весовыми коэффициентами для того, чтобы нейронная сеть могла четко определять неисправности исходя из заданных границ изменения параметров.

Данные для обучения подаются на вход нейросетевого модуля в формате таблицы Excel, параметры нейронной сети (приведены в табл. 1) определяются в приложении АРМ ИЗ. Выходные данные операции обучения нейронной сети представлены в табл. 2. Выходные данные операции распознавания режимов функционирования УЭЦН нейронной сетью представлены в табл. 3.

Таблица 1 – Параметры конфигурации нейронной сети

Параметр	Пояснение
Количество скрытых слоёв	Количество слоев нейронной сети за исключением входного и выходного
Количество нейронов в каждом скрытом слое	Количество элементов в каждом скрытом слое
Функция активации	Преобразователь, преобразующий выходной сигнал сумматора

Таблица 2 – Выходные данные операции обучения нейронной сети

Параметр	Пояснение
Время обучения	Время, потраченное на обучение нейронной сети
Количество итераций	Количество шагов обучения
Количество записей	Общее количество обработанных записей
Коэффициент суммарной ошибки	Суммарная ошибка по всем векторам выборки обучающих примеров

Таблица 3 – Выходные данные операции распознавания режимов функционирования УЭЦН нейронной сетью

Параметр	Пояснение
Время распознавания	Время, потраченное на распознавание
Количество выборок «в норме»	Количество выборок, определённых как «в норме»
Количество выборок с неисправностями	Количество выборок, определённых как «отклонение»
Количество ситуаций «некорректные данные»	Количество ситуаций, которых не удалось классифицировать к тому или иному типу
Количество обработанных записей	Общее количество обработанных записей

Выходными данными после обучения нейронной сети является следующая информация:

1) время обучения;
2) количество итераций;
3) количество записей;
4) коэффициент суммарной ошибки.

Отчёт о результате обучения сохраняется в файле MS Excel, протокол обучения – в файле MS Word. Также в графическом виде отображается следующая информация: количество итераций, уровень суммарной ошибки (начальный, текущий, конечный).

Выходными данными после распознавания является следующая информация:

1) время распознавания;
2) количество записей «в норме»;
3) количество выборок с неисправностями (с указанием типа неисправности и коэффициентом уверенности принятого решения);
4) количество ситуаций «некорректные данные»;

5) количество обработанных записей.

Отчёт о результатах распознавания сохраняется в файле MS Excel, протокол распознавания – в файле MS Word.

Заключение

Разработанный программный комплекс автоматизирует анализ работы установок электропогружного оборудования, прогнозирует и предупреждает о возможности неисправностей и аварий на основе входных данных, что исключает ошибку пользователя. За счёт автоматизации вычислительных процессов и анализа данных, быстродействия программного комплекса достигнут высокий экономический эффект.

Литература

1. Коровин Я.С. Система поддержки принятия решений по контролю состояния УЭЦН на основе нейронной сети: архитектура, реализация, перспективы // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 80-85.
2. Коровин Я.С. Особенности внедрения системы поддержки принятия решений по контролю состояния установок электроцентробежных насосов на основе нейронной сети: практические результаты, перспективы развития // Известия ТРТУ. – 2007. – № 1.

Тарасенко Р.В.

Програмний комплекс «Система підтримки ухвалення рішень контролю стану установок електровідцентрових насосів на основі нейронної мережі»

Розроблений програмний комплекс з метою автоматизації аналізу роботи електропогружного устаткування, прогнозування і попередження про можливість несправностей і аварій. Дане програмне забезпечення введене і успішно використовується нафтогазовидобувною компанією «ВАТ Сургутнефтегаз».

Статья поступила в редакцию 17.07.2008.